



第2章

通用零部件的故障 诊断与维修

学习目标

理解机械故障的基本概念、故障的规律，了解设备维修的方式、制度，掌握机械零件的失效形式和对策、机械设备拆装的一般原则和拆装工艺，能编制机电设备检修方案、检修工序、检修进度、安全操作规程、方案实施的技术措施。



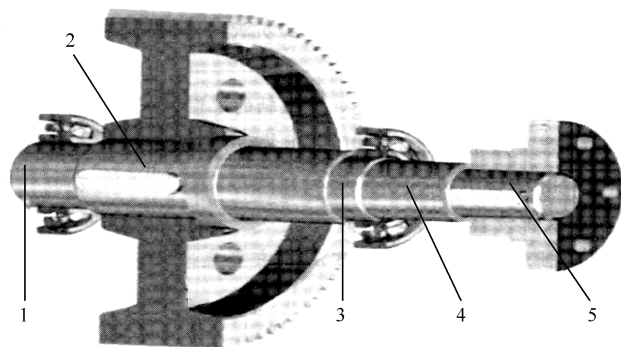
2.1 轴类零件的维修和装配

2.1.1 轴类零件的主要失效形式

轴类零件是机械设备中最主要的零件之一，也是影响机械设备的运行精度和寿命的关键零件。其作用是支承回转零件并传递运动和转矩，轴可分为转轴（如车床主轴、带轮的轴等）、心轴（如火车车轮、自行车、汽车的前轴等）和传动轴（如车床上的光杠等）三大类。轴类零件主要用来承受各种载荷和传递动力。

1. 轴的结构组成

如图 2.1 所示，轴由三部分组成。



1—轴；2，5—轴头；3—轴颈；4—轴身

图 2.1 轴的结构组成

轴头：与传动零件或联轴器、离合器相配的部分。

轴颈：与轴承相配的部分。

轴身：连接轴头和轴颈之间的部分。

2. 轴类零件的失效形式

失效形式主要有因疲劳强度不足而产生的疲劳断裂，因静强度不足而产生的塑性变形或脆性断裂、磨损、超过允许范围的变形和振动等。

3. 轴类零件的性能要求

轴类零件的性能要求包括足够的抗拉强度和刚度；适当的冲击韧性和较高的疲劳强度；良好的切削加工性和淬透性；对于轴颈处受摩擦部位还要有高硬度和耐磨性。

4. 轴类零件的制造材料

制造材料一般是经锻造或轧制的低碳钢、中碳钢或合金钢。

2.1.2 轴类零件的拆卸方法

拆卸是维修工作的一部分，在清洗设备时首先要进行拆卸，但拆卸后装配精度容易降低。



1. 现象

设备机件拆卸、清洗后不能恢复到原装的配合精度。

2. 原因分析

拆卸清洗工作不符合要求，卸下的零件保管不良、受潮或损伤，甚至丢失个别零件而改用替换件。

3. 危害性

危害性是指机械设备性能下降，甚至报废不能使用。

4. 防治措施

(1) 进行拆卸清洗的工作地点必须清洁，禁止在灰尘多的地点或露天进行，如果必须在露天场所进行时，应采取防尘措施。

(2) 拆卸前必须熟悉图纸，应对照图纸按步骤进行，并在相互配合的机件上做记号，记号应清楚，位置必须一致和明显；若机件上已有记号，则应核对清楚后才能拆卸。对形状相同而数量很多的零部件拆卸时应提供示意图，并按图上的编号做记号。

(3) 拆下的零件必须妥善保管，不得受潮、损伤或丢失。

(4) 需加热后拆卸的机件，其加热温度应按设计或设备说明书的规定执行。

(5) 清洗机件一般均用煤油，但精密件或滚动轴承用煤油洗净后必须再用汽油清洗一次。

(6) 所有油孔、油路内的泥沙或污油等杂物应清除干净，然后用木塞堵住，不得使用棉纱、布头代替木塞。

(7) 洗净后的机械设备零部件，如不能立即装配，则应妥善保管，防止灰尘侵入。

(8) 设备机件装配时，应先检查零部件与装配有关的外表形状和尺寸精度，确认符合要求后方可装配。

5. 拆卸方法

(1) 击卸。击卸是用锤击的力量使配合零件产生相对位移而互相脱离，达到拆卸的目的。这是一种简单的拆卸方法，适用于结构比较简单、零件坚实或不重要的部位。锤击时要小心，因为如果方法不当，就可能打坏零件。击卸常用的工具有铁锤，铜锤，木锤，冲子及铜、铝、木质垫块等。击卸滚动轴承时，要左右对称交换地去敲击，切不可只在一面敲击，以免座圈破裂。

(2) 压卸和拉卸。压卸和拉卸比击卸好，它用力比较均匀，力的大小、方向也可以控制，因此零件偏斜和损坏的可能性较小。这种方法适用于拆卸尺寸较大或过盈量较大的零件。它常用的工具有压床和拉模。

(3) 加热拆卸。加热拆卸是利用金属热胀的特性来拆卸零件的，这样在拆卸时就不会像击卸或压卸那样产生零件卡住或损伤的现象。这种方法常在过盈量大（超过 0.1 mm）、尺寸大、无法拆卸时采用。

总之，要根据零件的配合情况，选择合理的拆卸方法。如果是过渡配合，可采用击卸；如果是过盈配合，则可采用压卸或加热拆卸的方法。拆下的零件要放在木板上或低的



平台上；较小的零件如螺钉、螺母、垫圈、销子等可放在专用箱子内；细长的零件如长轴、丝杠等可垂直悬挂起来，以免弯曲变形。

主轴部件的拆卸：外壳、主轴等零部件的相对位置是以误差相消法来保证的。为了避免拆卸不当而降低装配精度，在拆卸时，轴承、垫圈、磨具壳体及主轴在圆周方向的相对位置上都应做上记号，拆卸下来的轴承及内外垫圈各成一组分别放置，不能错乱。拆卸处的工作台及周围场地必须保持清洁，拆卸下来的零件放入油内以防生锈。装配时仍需按原记号方向装入。

2.1.3 轴拆卸后的清洗、检查和修复

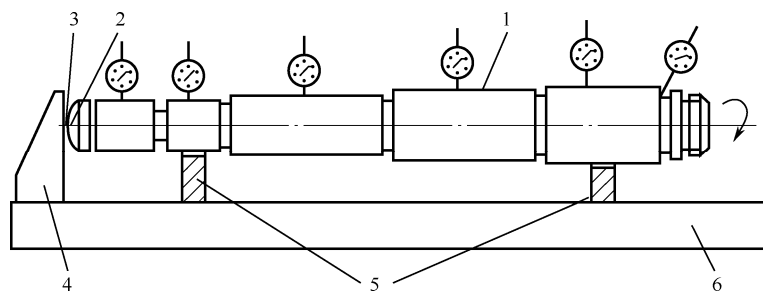
1. 轴拆卸后的清洗

清洗拆卸后的机械零件是维修工作的重要环节。清洗方法和清理质量对零件鉴定的准确性、设备的修复质量、维修成本和使用寿命等都将产生重要影响。零件的清洗包括清除油污、水垢、积碳、锈层、旧涂装层等。

清洗所用工具有：扳手、卡簧钳、清洗液、润滑脂、吹风机、抹布、针、一个用来浸泡轴的容器。简单清洗步骤如下：①把轴取下来；②将轴放入清洗剂中浸泡和洗刷；③浸泡洗干净的轴，泡出残渣；④用吹风机吹干（吹干了可防止生锈）；⑤抹上润滑油（防尘、防水、润滑）；⑥盖上侧盖后就可以进行安装了。

2. 主轴的检验

主轴的损坏形式主要是轴颈磨损，外表拉伤，产生圆度误差、同轴度误差和弯曲变形及锥孔碰伤，键槽破裂，螺纹损坏等。常见的主轴各轴颈同轴度的检查，如图 2.2 所示。



1—主轴；2—堵头；3—钢球；4—支承板；5—V 形架；6—检验平板

图 2.2 常见的主轴各轴颈同轴度的检查

主轴 1 放置于检验平板 6 上的两个 V 形架 5 上，主轴后端装入堵头 2，堵头 2 中心孔顶有一钢球 3，紧靠支承板 4，在主轴各轴颈处用千分表触头与轴颈表面接触，转动主轴，千分表指针的摆动差即为同轴度误差。轴肩端面圆跳动误差也可从端面处的千分表读出。一般应将同轴度误差控制在 $\phi 0.015$ 之内，端面圆跳动误差应小于 0.01 mm 。至于主轴锥孔中心线对支承轴颈的径向圆跳动误差，可在放置好的主轴锥孔内放入锥柄检验棒，然后将千分表触头分别触及锥柄检验棒靠近主轴端及相距 300 mm 处的两点，回转主轴，观察千分表指针，即可测得锥孔中心线对主轴支承轴颈的径向圆跳动。



3. 主轴的维修

在通常情况下, 主轴的主要失效形式是因受外载而产生的弯曲变形, 以及配合面的磨损。主轴如果发生变形了, 根据变形的程度及主轴的精度要求确定修复方法, 对于发生弯曲变形的普通精度主轴, 可用校直法进行修复; 对于高精度主轴校直后难以恢复其精度的, 采用更换新轴的方法。

主轴轴颈磨损后, 通常需要恢复其原来的尺寸, 常用的方法是电刷镀、镀铬等, 采用电刷镀的方法修复主轴的工艺过程为: 电刷镀之前在主轴两端孔中镶入堵头→打堵头上的中心孔→在磨床上以前后主轴轴颈未磨损部分为基准找正→将已磨损需要修复的轴颈磨小 0.05~0.15 mm→在所需要修磨的外圆表面电刷镀, 单边镀层厚度不小于 0.1 mm→研磨中心孔磨削电刷镀后的各表面达到要求。主轴的莫氏锥孔也容易磨损, 在维修时常采用磨削的方法修复其表面精度, 若经过多次修磨后, 可用镶套的方法进行修复。

2.2 过盈配合连接件的装配要求

过盈连接是将具有较大尺寸的被包容件(轴)装入具有较小尺寸的包容件(孔)中。这种连接能承受较大的轴向力、扭矩及动载荷, 对中精度高, 应用广泛。例如, 齿轮、联轴器、飞轮、链轮、带轮等与轴的连接, 轴承与轴承套的连接等。

在过盈配合中, 由于轴的尺寸比孔的尺寸大, 故应采用加压或热胀冷缩等办法进行装配。过盈配合主要用于孔轴间不允许有相对运动的紧固连接, 如大型齿轮的齿圈与轮毂的连接。过盈配合是一种固定连接, 它不仅要求有正确的定位和紧固性, 还要求装配时不损伤机件的强度和精度, 装入简便和迅速。过盈连接的配合面有圆柱面、圆锥面及其他形式。

过盈连接装配技术要求如下:

- (1) 必须保证准确的过盈量, 以保证装配后达到设计要求。
- (2) 配合表面应有较小的表面粗糙度。
- (3) 在装配前, 要注意保证配合表面的清洁, 同时配合表面必须用油润滑。
- (4) 压入过程应连续, 速度不宜太快(通常为 2.4 mm/s), 并应准确控制压入行程。
- (5) 压入过程中必须保证轴与孔的轴线一致, 应经常用 90° 角尺检查, 避免倾斜。
- (6) 对于细长件和薄壁件, 要特别注意控制过盈量和形位误差, 装配时最好垂直压入, 以防零件变形。

2.3 滑动轴承的维修与装配

滑动轴承具有结构简单、易于制造、装拆方便、承载能力强、抗冲击性和吸振性能好、工作平稳、回转精度高等特点, 主要应用在工作转速特别高、承载极重、对轴的回转精度要求特别高、冲击与振动巨大、径向空间尺寸受到限制或必须剖分安装(如曲轴的轴承)及在一些特殊条件下工作的场合。

主要不足之处是启动摩擦阻力大, 润滑维护要求高等。



下面以整体式滑动轴承为例介绍其装配方法。

(1) 压装轴套。根据轴套尺寸和过盈量的大小,采用敲入或压装的方法进行装配。尺寸和过盈量较小时,可用手锤加垫板将轴套敲入;当轴套尺寸和过盈量较大时,应用压力机装配;过盈量超过 0.1 mm 时,用加热机体或冷却轴套的方法进行装配。

(2) 固定轴套。轴套压入后,为了防止转动,可用螺钉和定位销等加以固定。

(3) 装配后的检查和修正。轴套装配后可采用铰削、刮研、珩磨等方法,使轴套和轴颈之间的间隙和接触点达到要求。

2.3.1 滑动轴承的失效形式

- (1) 磨粒磨损。硬质颗粒研磨轴和轴承表面造成磨粒磨损。
- (2) 刮伤。轴表面硬轮廓峰顶刮削轴承造成刮伤。
- (3) 咬粘(胶合)。温度升高、压力增大或油膜破裂时造成咬粘。
- (4) 疲劳剥落。载荷反复作用使疲劳裂纹扩展,从而造成剥落。
- (5) 腐蚀。润滑剂氧化产生酸性物质造成腐蚀损伤。

2.3.2 滑动轴承的安装与维修

滑动轴承具有工作可靠、平衡、无噪声、润滑油膜吸振能力强、能承受较大冲击载荷的特点。滑动轴承可分为整体式、剖分式等多种轴承结构形式,如图 2.3 所示。

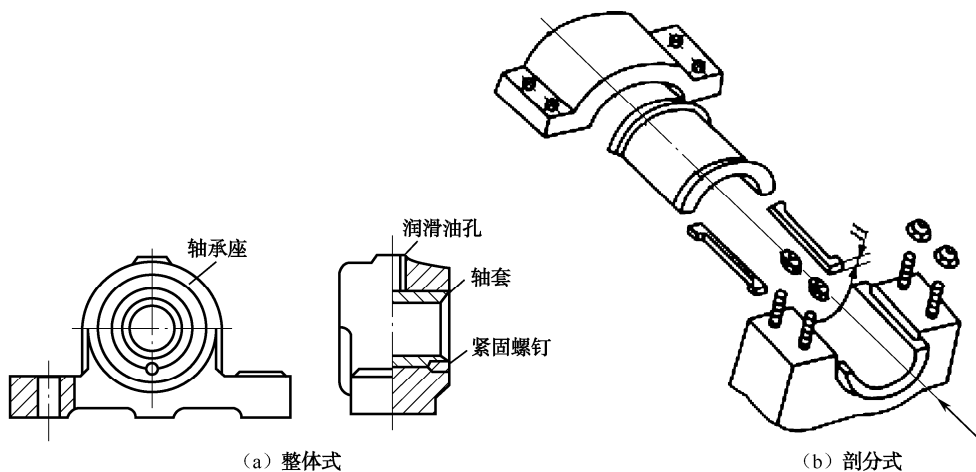


图 2.3 滑动轴承

1. 滑动轴承安装基本要求

- (1) 滑动轴承在安装前应修去零件的毛刺锐边,接触表面必须光滑清洁。
- (2) 安装轴承座时,应将轴承或轴瓦装在轴承座上,并按轴瓦或轴套中心位置校正,同一传动轴上的各轴承中心应在一条轴线上,其同轴度误差应在规定的范围内。轴承座底面与机件的接触面应均匀紧密地接触,固定连接应可靠,设备运转时,不得有任何松动移位现象。
- (3) 轴承与轴接触表面的接触情况可用着色法进行检查,研点数量应符合要求。
- (4) 轴转动时,不允许轴瓦或轴套有任何转动。



(5) 对开瓦在调整间隙时, 应保证轴承工作表面有良好接触精度和合理的间隙。

(6) 安装时, 必须保证润滑油能畅通无阻地流入轴承中, 并保证轴承中有充足的润滑油存留, 以形成油膜。要确保密封装置的质量, 不得让润滑油漏到轴承外, 而且要避免灰尘进入轴承。

2. 整体式滑动轴承的安装

(1) 压入轴套。当轴套尺寸和过盈量较小时, 可采用压入法安装轴套, 即用压力机或垫上硬木敲击压入。当尺寸和过盈量较大或薄壁套筒安装时, 可采用温差法装入, 即把轴套在干冰或液氮中冷却后装入轴承座。在压入时, 应注意配合面清洁, 并涂上润滑油, 以防止轴套歪斜。

(2) 轴套定位。压入轴套后, 应按图样要求用紧固螺钉或定位销固定轴套位置, 以防轴套随轴转动。轴套固定的方式如图 2.4 所示。

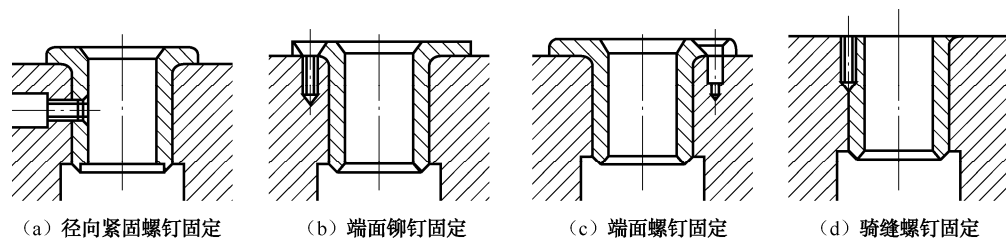


图 2.4 轴套固定的方式

(3) 刮轴套孔。轴套压入后, 由于外壁过盈量会导致内孔缩小或变形, 因此应进行铰削或刮研, 使轴套与轴颈之间的接触点达到规定的标准。

3. 滑动轴承的诊断维修

1) 滑动轴承轴瓦的接触角不符合要求

(1) 现象。轴瓦与轴颈间接触角达不到标准要求。

(2) 原因分析。不能严格按操作要点进行刮瓦, 施工作业马虎, 工艺基本功差。

(3) 危害性。轴瓦与轴颈接触角过大, 润滑油膜不易形成, 从而得不到良好的润滑效果, 加快轴瓦的磨损。接触角过小, 会增加轴瓦的压强, 其结果也会使轴瓦很快磨损。

(4) 防治措施。轴瓦与轴颈接触角大小要适宜, 一般控制在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间。高速轻载轴承接触角可取 60° , 低速重载轴承的接触角可取 90° , 轴瓦的刮研要在设备精平以后进行。刮研的范围包括轴瓦背面(瓦背)与轴承体接触面的刮研和轴瓦与轴颈接触面的刮研两部分。

瓦背与轴承体的刮研同样不应被忽视。具体要求是: 下瓦背与轴承座之间的接触面积不得小于整个面积的 50%, 上瓦背与轴承盖间的接触面积不得小于 40%; 瓦背与轴承座和轴承盖之间的接触点应为 $1 \sim 2$ 点/ cm^2 。如果接触面积过小或接触点数过少, 将会使轴瓦所承受的单位面积压力增加, 从而加速轴瓦的磨损。刮研轴瓦时, 应将轴上的零件全部装上。刮瓦一般先刮下瓦, 后刮上瓦。刮研瓦时, 可在轴颈上涂一层薄薄的红铅油, 将轴颈轻轻地放入瓦内, 然后转动轴, 使轴在轴瓦内正、反转各一周, 轴瓦与轴颈相互摩擦, 再将轴吊起, 根据研瓦的情况, 判定其接触角和接触点是否符合要求, 如不符合要求应使用



第2章 通用零部件的故障诊断与维修

刮刀刮削。刮研时，在 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 接触角范围内，接触点应该是中间密两侧逐渐变疏，不应该使接触面与非接触面间有明显的界限。上瓦的刮研方法与下瓦相同。在瓦上着色时，要装好上瓦，撤去瓦口上的垫片，将轴承盖用螺钉紧固好，保证上瓦能够良好地与轴颈接触。

2) 轴颈与轴瓦接触点过少

(1) 现象。轴瓦与轴颈间的接触点不符合施工及验收通用规范的规定。

(2) 原因分析。刮研瓦的程序和方法不妥当，操作时不细致，粗心大意忽视质量。

(3) 危害性。由于轴瓦与轴颈间接触点标准达不到规定的要求，在设备运转过程中可导致轴瓦发热，使运转不能正常进行。

(4) 防治措施。刮研瓦时应按工艺程序进行，轴颈在轴瓦内反、正转动一圈后，对呈现出的黑斑点用刮刀均匀刮去，每刮一次变换一个方向，使刮痕呈 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的交错角，同时在接触部分与非接触部分不应有明显的界限，当用手触摸轴瓦表面时，应感到非常光滑。

3) 轴承发热

(1) 现象。在设备试运转中轴承温度逐渐增高，超过规定的要求。

(2) 原因分析。轴承内润滑油过多或过少，甚至轴承内无油；润滑油不洁净，也会使轴承发热；轴承装配不良（位置不正、歪斜，以及无间隙等）。

(3) 危害性。轴承使用的材料强度和硬度一般低于轴所用材料（如滑动轴承），当轴承过热时，会导致轴承合金的磨损，严重时可熔化合金，使正常运转停止。对滚动轴承来说，过热时也会加快磨损，缩短使用寿命。

(4) 防治措施。首先要清洗好润滑系统，然后按设计要求的牌号、用量的多少，添加符合要求的润滑油。对于装配不当的轴承，应重新进行调整，一直达到设计和规范的要求为止。

4) 轴发热

(1) 现象。传动轴在运转过程中温度升高。

(2) 原因分析。一方面，轴上的挡油毡垫或胶皮圈太紧，在转动过程中由于摩擦作用导致发热；另一方面，轴承盖与轴四周间隙大小不一，导致有磨轴现象发生，使轴发热。

(3) 危害性。当轴发热温度增高时，会降低轴的硬度，加快轴的磨损，同时也会影响到与轴接的其他零部件的损坏。

(4) 防治措施。将胶皮圈内弹簧换松或调松轴承盖螺钉，检查轴承盖与轴的间隙是否符合设备技术文件的规定，如不符合规定，应认真进行调整。

5) 轴承漏油

(1) 现象。设备运转中轴承盖处润滑油泄漏。

(2) 原因分析。润滑系统供油过多，压力管道油压太高，超过规定标准；轴承回油孔或回油管尺寸太小，油封数量不够或油封装配不良，油封槽与其他部位穿通从轴承盖不严密处漏出。

(3) 危害性。损耗润滑油，且不能很好地保证轴承本身的正常润滑，并造成对设备的污染。

(4) 防治措施。要调整好润滑系统的供油量，油量要适宜；要增大回油管直径；修整好封油槽，装配好油封，要调紧轴承盖。



2.4 滚动轴承的装备与调整

2.4.1 滚动轴承的类型与配合

1. 滚动轴承的结构及特点

滚动轴承的结构如图 2.5 所示。

内圈 1 装在轴上；外圈 2 装在轴承座孔内；滚动体 3 装在内外圈之间；保持架 4 将滚动体均匀隔开。

2. 滚动轴承的类型

1) 按轴承承受载荷的方向或公称接触角的不同分类

(1) 向心轴承。径向接触轴承主要承受径向载荷，有些可以承受较小的轴向载荷；向心角接触轴承可以同时承受径向载荷和轴向载荷。

(2) 推力轴承。推力角接触轴承主要承受轴向载荷，也可以承受较小的径向载荷；轴向接触轴承只能承受轴向载荷。

2) 按滚动体的形状分类

滚动轴承可分为球轴承和滚子轴承。

3) 按工作时能否调心分类

滚动轴承可分为调心轴承和非调心轴承。

4) 按游隙能否调整分类

滚动轴承可分为可调游隙轴承和不可调游隙轴承。

3. 滚动轴承的类型选择

选择原则：轴承特性与工作条件相匹配。

1) 类型选择

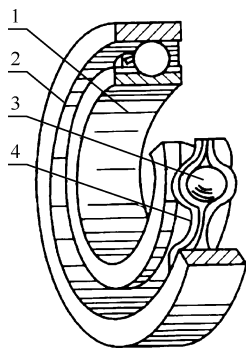
(1) 承载情况。若轴承承受轴向载荷，则一般选用推力轴承；若所承受的纯轴向载荷较小，则选用推力球轴承；若所承受的纯轴向载荷较大，则选用推力滚子轴承；若轴承承受纯径向载荷，则一般选用深沟球轴承、圆柱滚子轴承或滚针轴承；当轴承在承受径向载荷的同时还承受不大的轴向载荷时，可选用深沟球轴承或接触角不大的角接触球轴承或圆锥滚子轴承；当轴向荷载较大时，可选用接触角较大的角接触球轴承或圆锥滚子轴承，或者选用向心轴承和推力轴承组合在一起的结构，分别承担径向载荷和轴向载荷。

(2) 转速要求。要求高速、旋转精度高时，优先采用球轴承。

(3) 调心性要求。长轴（刚度不高）或多支点轴要求轴承具有调心性时选调心轴承。

(4) 承载、抗冲击能力。载荷大或有冲击载荷时选用滚子轴承。

(5) 空间限制。径向尺寸受限时选用滚子轴承。



1—内圈；2—外圈；3—滚动体；4—保持架

图 2.5 滚动轴承的结构



(6) 装拆方便。内外圈可分离时选用圆锥滚子、圆柱滚子轴承；长轴上安装时选用带内锥孔及紧定套的轴承。

(7) 价格。球轴承价低，滚子轴承价高。

2) 尺寸选择

型号选择：内径、外径、宽度、选定类型、初定型号、验算寿命。

4. 滚动轴承的配合

轴承的配合是指内圈与轴颈及外圈与轴承座的配合，影响轴承的径向游隙、运转精度和寿命。

滚动轴承是标准组件，轴承内孔与轴的配合采用基孔制；外圈与轴承座的配合采用基轴制。由于轴承内径的公差带在零线之下，而圆柱公差标准中基准孔的公差带在零线之上，所以内圈与轴颈的配合比圆柱公差标准中规定的基孔制同类配合要紧得多。

图 2.6 和图 2.7 表示了滚动轴承的配合和它的基准面（内圈内径，外圈外径）与轴颈或座孔尺寸偏差的相对关系，设计时根据轴承的类型和尺寸、载荷的大小选择配合种类。对于尺寸大、载荷大、振动大、转速高或工作温度高等工作要求，应选紧一些的配合，但过紧会影响轴承的正常工作，同时装拆困难。而经常拆卸或活动套圈则应采用较松的配合，但过松对提高轴承旋转精度、减少振动不利。如图 2.7 所示，与轴承内圈配合的回转轴常采用过盈配合 N6、M6、K6、k5，或过渡配合 j5、J6；与不转动的外圈相配合的轴承座孔常采用过渡配合 J6、J7，或间隙配合 H7、G7 等配合。

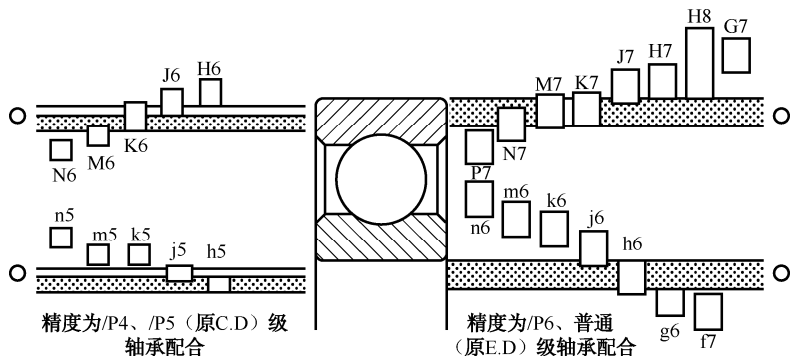


图 2.6 滚动轴承外圈与轴承座、滚动轴承内圈与轴的配合

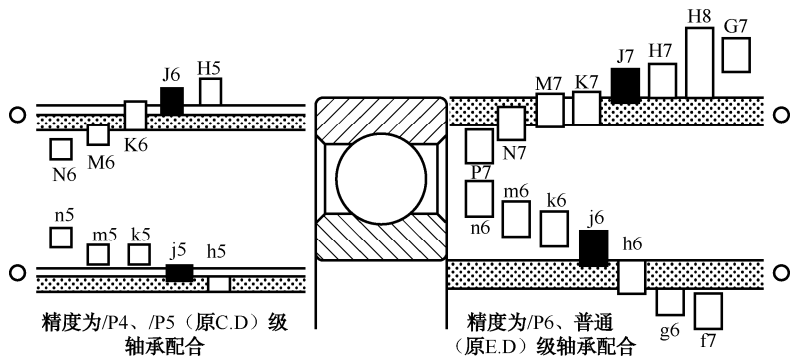


图 2.7 轴承内圈与回转轴、轴承与不动外圈的配合



2.4.2 滚动轴承的失效形式

1. 载荷分布

纯轴向载荷：滚动体均匀受载。

径向载荷：滚动体受载不均（承载、非承载区）。

2. 滚动轴承的失效形式

点蚀：内、外圈的滚道及滚动体的表面出现许多点蚀坑，主要是因为承载、装配不当（配合过紧、内外圈不正）和润滑不良。

塑性变形：滚动体或套圈滚道上出现不均匀的塑性变形凹坑，主要是由于静载荷或冲击载荷过大。

其他形式：磨粒磨损、黏着磨损、断裂、锈蚀、电腐蚀、不正常温升等。

影响滚动轴承失效的主要因素是载荷情况、润滑情况、装配情况、环境条件及材质或制造精度等。

决定轴承尺寸时，要针对主要失效形式进行必要的计算。一般工作条件的回转滚动轴承应进行接触疲劳寿命计算和静强度计算。对于摆动或转速较低的轴承，只需要进行静强度计算。高速轴承由于发热而造成的黏着磨损、烧伤是主要的失效形式，除了进行寿命计算外，还需核验极限转速。

2.4.3 滚动轴承的拆卸、清洗和检查

设计轴承装置时，应考虑轴承的装拆，以避免在装拆过程中损坏轴承和其他零件。

轴承的安装：小轴承可用铜锤轻而均匀地敲击配合套圈装入；大轴承用压力机压入；尺寸大且配合紧的轴承可将孔件加热膨胀后再进行装配。

轴承的装卸：可采用专用工具，结构设计时应注意轴承装卸的工艺性。

1. 滚动轴承的拆卸

滚动轴承的拆卸是机械维修的重要内容。由于滚动轴承与轴的配合较紧，所以需要较大的力才能拆卸下来。如果拆卸方法不当，不但轴承拆不下来，而且如果轴承配合很紧，且有较大的过盈量，则会对轴承及相关零件造成损坏。在此介绍几种常用的轴承拆卸方法。

（1）加热拆卸法。如果轴承配合很紧，且有较大的过盈量，就需要对轴承进行加热，使轴承受热膨胀产生弹性变形来进行拆卸。例如，用石棉布将靠近轴承的轴包好，用乙炔-氧气火焰加热轴承内圈，可以边加热边拆卸。但应注意缓慢加热，加热温度控制在 100 ℃ 左右，以免损坏轴承。

（2）如果轴承是较松的配合，则用木锤轻轻地敲击轴承的配合圈就可以拆下轴承。在敲击时，要注意沿着圆周方向依次进行，不要总是敲击一个点。有时也可以用铁锤进行敲击，但是此时应在轴承上垫上垫木，通过垫木将力均匀地加到轴承上，避免把轴承敲坏。

（3）选用金属材料制作一个套筒，套筒内径应比轴颈直径略大。拆卸时，用物体将套筒支承。如果配合较松，用锤子敲击轴端，即可拆下轴承；如果配合较紧，可用压力机或千斤顶等给轴端加力。如果使用套筒不方便，也可以利用两块夹板代替。



(4) 拉力器拆卸法。用拉力器来拆卸轴承是一种常用的拆卸方法, 拉力器由拉钩及螺纹传动组成。在拆卸时将拉钩挂在内圈上, 旋转螺杆并推轴端, 即可拆下轴承。由于螺旋副具有增力特性, 因此一般的轴承都可以用此法拆卸, 如图 2.8 所示。

(5) 如果用拉力器不能拉出轴承的外圈, 可同时用干冰局部冷却轴承的外圈, 然后迅速从齿轮中拉出圆锥滚子轴承的外圈。

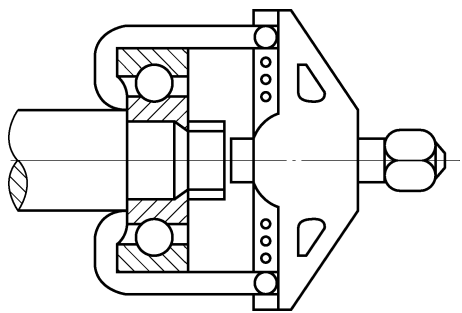


图 2.8 拉力器拆卸轴承

2. 轴承的清洗

(1) 热油清洗法。对于软干油或防锈膏硬化的轴承, 应浸在 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热机油中, 用钳子夹住轴承, 用毛刷刷干净轴承上的油污。软干油或防锈膏被加热到 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 就会熔化, 很容易从轴承的缝隙中冲刷出去。有时只要将轴承在油内多次摇晃, 油污也会从缝隙中流走。

在清洗旧电动机或进口电动机的向心球面轴承时, 应把滚珠、珠架和内环从外环中横向转出后再浸入热油中, 短圆柱滚子轴承清洗时也应将滚子、珠架、内环和外环脱开。

在用热油清洗时, 油的温度不应超过 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若用明火直接加温时, 应注意防止将油烧着, 轴承要悬挂在油锅中, 沉底时将会引起过热而降低硬度。

(2) 一般清洗法。把轴承放在煤油中浸泡 $5\sim 10\text{ min}$, 一只手捏住内环, 另一只手转动外环, 轴承上的软干油或防锈膏就会掉下来。然后将轴承放进较清洁的煤油中, 用细软的毛刷刷洗, 把滚珠和缝隙内的油污洗净, 再放到汽油里清洗一次, 取出后放在干净的纸上。向心球面轴承和短圆柱滚子轴承清洗时应将滚珠、珠架、内环与外环分开清洗。

装在轴上的轴承的清洗, 主要靠淋油或用油枪喷射的方法。容易清洗掉的油污先用煤油后用汽油; 对于难以清洗掉的油污, 先用 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热机油淋洗或油枪喷射, 再用汽油清洗。一定要注意不要用锋利的工具刮轴承上硬结的油垢或锈蚀, 以免损坏轴承滚动体和槽环部位的光洁度。洗净的轴承用干净的布擦干。

3. 滚动轴承的检查

对于滚动轴承, 应着重检查内圈、外圈滚道, 整个工作表面应光滑, 不应有裂纹、微孔、凹痕和脱皮等缺陷。滚动体的表面也应光滑, 不应有裂纹、微孔和凹痕等缺陷。此外, 保持器应完整, 铆钉应紧固。如果发现滚动轴承的内、外圈有间隙, 不要轻易更换, 可通过预加载荷调整, 消除因磨损而增大的间隙, 提高其旋转精度。

2.4.4 滚动轴承的装配

滚动轴承是由内圈、外圈、滚动体和保持架组成的, 它是使相对运动的轴和轴承座处于滚动摩擦的轴承部件。滚动轴承具有摩擦系数小、效率高、轴向尺寸小和装拆方便等优点, 广泛地应用于各类机器设备。滚动轴承是由专业工厂大量生产的标准部件, 其内径、外径和轴向宽度在出厂时已确定, 因此滚动轴承的内圈是基准孔, 外圈是基准轴。



滚动轴承是一种精密部件, 安装时应十分重视装前的准备工作和安装过程的工作质量, 并应注意以下几点。

(1) 安装前应准备好所需工具和量具, 对与轴承相配合的各零件表面尺寸应认真检查是否符合图样要求, 并用汽油或煤油清洗后擦净, 涂上系统消耗油(机油)。

(2) 检查轴承的型号是否与图样一致。

(3) 滚动轴承的安装方法应根据轴承的结构、尺寸大小及轴承部件的配合性质来确定。

2.4.5 滚动轴承的间隙及其调整

滚动轴承的间隙具有保证滚动体正常运转、润滑及热膨胀补偿作用。但是滚动轴承的间隙不能太大, 也不能太小。间隙太大, 会使同时承受负荷的滚动体减少, 单个滚动体负荷增大, 降低轴承寿命和旋转精度, 引起噪声和振动; 间隙太小, 容易发热, 磨损加剧, 同样影响轴承寿命。因此, 轴承安装时, 间隙调整是一项十分重要的工作。

常用的滚动轴承间隙调整方法有垫片调整法、螺钉调整法、综合调整法 3 种。

2.4.6 滚动轴承装配的预紧

预紧是指在安装轴承时预先对轴承施加轴向载荷, 使滚动体和内、外圈之间产生一定的预变形, 使轴承带负游隙运行。

预紧的作用是增加轴承的刚度, 提高旋转精度, 延长轴承寿命。

预紧量应根据轴承的受载情况和使用要求合理确定, 预紧量过大, 轴承的磨损和发热量增加, 会导致轴承的寿命降低。

对成对使用的角接触轴承进行预紧, 可提高其工作刚度。

预紧量控制的一般方法有: 加金属垫片, 磨窄套圈, 或调整两轴承之间内、外套筒的宽度。

2.5 齿轮传动的维修与装配

2.5.1 齿轮传动的特点及应用

齿轮传动是最常用的传动方式之一, 它依靠轮齿间的啮合传递运动和动力。其特点是能保证准确的传动比, 传递功率和速度范围大, 传动效率高, 结构紧凑, 使用寿命长, 但齿轮传动对制造和装配要求较高。

齿轮传动的类型较多, 按不同的分类方式, 可分为直齿、斜齿、人字齿轮传动; 也可分为圆柱齿轮、圆锥齿轮及齿轮齿条传动等。

2.5.2 齿轮传动的失效形式及防止措施

1. 工作条件

通过齿面接触传递动力, 两齿面相互啮合, 既有滚动, 又有滑动。

齿轮表面受到交变接触压应力及摩擦力的作用; 齿根部受到交变弯曲应力的作用, 换



挡时会受到冲击。安装不良会使齿面接触不良。

2. 失效形式

轮齿失效形式包括轮齿折断、齿面损伤失效，如点蚀、磨损、塑性变形等。

1) 轮齿折断

从损伤机理上分类有：疲劳折断；悬臂梁受到弯曲变应力或应力集中，齿根受拉侧疲劳裂纹扩展到折断；过载折断冲击载荷过大；短时严重过载；轮齿磨损严重导致静强度不足而折断。

从形态上有整体折断、局部折断两种形式。

从设计角度上讲，齿轮应进行齿根抗弯强度的计算。从工艺角度上讲，增大齿根过渡圆角半径、降低表面粗糙度、齿面进行强化处理、减轻齿面加工损伤等，有利于提高轮齿抗疲劳折断能力；增大轴及支承的刚度，尽可能消除载荷的分布不均匀现象，则有可能避免轮齿的局部折断。

2) 点蚀

齿轮工作时，长期在脉动循环应力的作用下，会出现微小的金属剥落而形成一些浅坑现象。点蚀一般发生在润滑良好的闭式齿轮传动中。具体部位一般在节线附近，相对滑动速度小，难以形成润滑油膜；直齿轮传动，接触应力也较大，容易发生点蚀。

为降低点蚀，可以采取以下措施：从设计上，齿轮应进行齿面接触强度的计算。从工艺上，应提高齿面硬度，降低齿面粗糙度；采用合理变位；采用黏度较高的润滑油；减小动载荷等。

3) 齿面胶合

胶合是指相啮合齿面的金属在一定的压力下直接接触发生黏着，同时随着齿面的相对运动使金属从齿面上撕脱而引起的磨损现象。

胶合类型包括热胶合、冷胶合两种情形，其中热胶合用于重载、高速下的齿轮传动；冷胶合用于重载、低速下的齿轮传动。胶合一般发生在齿轮顶部。

为提高抗胶合的能力，可以提高齿面硬度，降低齿面粗糙度；另外也可以采用黏度较大（低速传动）或抗胶合能力强（高速传动）的润滑油。

4) 齿面磨损

齿面磨损有磨粒磨损、跑合磨损两种形式，磨粒磨损发生在开式齿轮传动中，而跑合磨损一般指轻载下的跑合。

改用闭式齿轮传动是避免齿面磨粒磨损最有效的方法，也可以通过提高齿面硬度，降低齿面粗糙度值，保持良好润滑，来减小磨粒磨损。

5) 齿面塑性变形

齿面塑性变形产生的原因是较软的齿轮材料在重载荷或摩擦力的作用下产生塑性流动，从而在主动轮上碾出沟槽、在从动轮上挤出凸棱。此故障多发生在低速、重载和启动频繁的传动中。

可以通过提高轮齿齿面硬度，采用高黏度的润滑油等措施防止或减轻齿面塑性变形。



3. 齿轮的检查

齿轮工作一段时间后, 由于齿面磨损, 齿形误差增大, 影响齿轮的工作性能。因此, 要求齿形完整, 不允许有挤压变形、裂纹和断齿现象。齿厚的磨损量应控制在不大于 0.15 倍的模数内。生产中常用专用齿厚卡尺来检查齿厚偏差, 即用齿厚减薄量来控制侧隙。还可用公法线百分尺测量齿轮公法线长度的变动量来控制齿轮的运动准确性, 这种方法简单易行, 在生产中常用。齿轮的内孔、键槽、花键及螺纹都必须符合标准要求, 不允许有拉伤和破坏现象。

2.5.3 齿轮的维修

齿轮的维修方法主要是根据齿轮的失效形式、生产技术条件和使用要求确定的。对于中小模数齿轮, 备件充足时, 一般不进行修复, 而是更换新齿轮, 但在更换齿轮时, 一般成对更换齿轮, 以保证啮合性能。当备件无法满足要求时, 可用精整方法修复大齿轮, 更换小齿轮。对于大模数齿轮的磨损, 可用喷涂方法修复尺寸, 然后再精整齿面, 对于断齿和有裂纹的大模数齿轮, 采用镶齿和焊补法修复。

2.5.4 圆柱齿轮的装配与调整

齿轮传动的基本要求是安装位置应正确; 齿侧间隙值应符合技术要求; 接触斑点分布均匀且位置正确。

齿轮与轴的装配大多是用键来固定的, 对于有轴向力的齿轮, 为防止轴向移动, 用螺钉和紧固圈等在轴上定位。当传动力矩大时, 常采用过盈量较大的过渡配合成静配合, 此时则需要压力装配或加热装配。

齿轮与轴的装配过程中常见的几种错误形式如下。

1. 圆柱齿轮轴孔松动

- (1) 现象。齿轮与齿轮轴配合不紧密。
- (2) 原因分析。齿轮内孔加工不正确, 呈喇叭形。
- (3) 危害性。运转时会出现左右偏摆, 加快孔、轴的磨损。同时, 运转时振动大, 传动效率低。
- (4) 防治措施。应重新进行齿轮内孔的加工, 必要时更换齿轮。

2. 齿轮偏摆

- (1) 现象。齿轮中心线与轴中心线不重合。
- (2) 原因分析。装配尺寸误差大。
- (3) 危害性。当设备运转时, 齿轮传动中将会产生径向跳动, 同时啮合齿部分由于不断变换节圆尺寸大小, 因而产生冲击和噪声; 当中心线偏心距过大时, 可能发生卡死现象, 影响设备的正常运转。
- (4) 防治措施。齿轮传动系统要正确地进行装配, 并进行必要的检查和调整, 特别注意轴与齿轮间的定位键的对位和松紧适度。对已出现的问题, 要进行妥善的修整, 必要时更换有关部件。



3. 齿轮歪斜

- (1) 现象。齿轮装配在轴上产生歪斜。
- (2) 原因分析。装配时粗糙马虎；零部件加工尺寸误差过大。
- (3) 危害性。齿轮在轴上装配歪斜时，在设备运转过程中将会产生端面跳动，齿轮对在啮合时受力不均，磨损太大。
- (4) 防治措施。应重新进行装配和调整，如经过检查确实是由于齿轮轴孔加工误差过大，则应更换齿轮。

4. 齿轮副啮合不良

- (1) 现象。齿轮装配时未贴靠到轴肩位置。
- (2) 原因分析。传动轴轴头过长；齿轮加工时宽度不够；齿轮装配不正确。
- (3) 危害性。齿轮装配时未贴靠到轴肩位置，使啮合的两齿轮在轴向的相对位置宽接触，而另一部分齿宽因没有很好的啮合而加重了部分齿的载荷。
- (4) 防治措施。齿轮在轴上的位置应严格按照标准要求正确地进行装配，对存在太大尺寸偏差的部件，应做必要的修整。

5. 齿轮传动不正常

- (1) 现象。齿轮传动不正常及启动困难。
- (2) 原因分析。齿轮固定键松动；齿轮齿形不标准或有破损；齿轮装配误差过大；油量过多。
- (3) 危害性。齿轮磨损加快或断裂，不能正常运转。
- (4) 防治措施。当齿轮键松动时，应重新固定好；当齿形超标过多或破损时，应进行修整；当齿轮装配不当时，要加以调整；当油量过多时，应按规定加以限量。

2.5.5 圆锥齿轮的装配与调整

圆锥齿轮传动机构的装配与圆柱齿轮传动机构的装配基本类似，不同之处是它的两轴线在锥顶相交，且有规定的角度。圆锥齿轮轴线的几何位置一般由箱体加工精度来决定，轴线的轴向定位以圆锥齿轮的背锥为基准，装配时使背锥面平齐，以保证两齿轮的正确位置，应根据接触斑点偏向齿顶或齿根，沿轴线调节和移动齿轮的位置。轴向定位一般由轴承座与箱体间的垫片来调整。圆锥齿轮做垂直两轴间的传动，因此箱体两垂直轴承座孔的加工必须符合规定的技术要求。

2.5.6 蜗轮蜗杆副的装配与调整

蜗杆传动机构是用来传递两相互垂直轴之间的运动和动力的，两轴交错角为 90° 。其传动特点是：传动比大、结构紧凑、有自锁作用、运动平稳、噪声小，但传动效率较低、摩擦和发热量较大，故传递的功率较小，通常 $P \leq 5 \text{ kW}$ 。蜗轮齿圈通常用较贵重的青铜制造，成本较高，适合减速、起重等机械。

按蜗杆的形状，蜗杆传动可分为圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动和圆锥蜗杆传动，其中圆柱蜗杆应用较为广泛。



1. 蜗杆传动机构的装配技术要求

- (1) 蜗杆轴线应与蜗轮轴线相互垂直，蜗杆轴线应在蜗轮的对称平面内。
- (2) 蜗轮与蜗杆的中心距要准确。
- (3) 有适当的啮合侧隙和正常的接触斑点。
- (4) 装配后应转动灵活，无任何卡滞现象，并且受力均匀。

2. 蜗杆传动机构的装配过程

蜗杆传动机构由箱体、蜗轮、蜗杆等零件组成。装配的先后顺序由传动机构的结构形式决定。一般先装蜗轮，后装蜗杆，最后检查调整。

将蜗轮安装到轴上的过程和检测方法在安装圆柱齿轮相同，检测蜗轮、蜗杆的径向圆跳动和端面圆跳动也与圆柱齿轮相同。

箱体是蜗杆传动机构的主体，一般蜗杆轴线位置是由箱体安装孔确定的，蜗杆的轴向位置对装配质量没有影响。为保证蜗杆轴线在蜗轮轮齿的对称中心平面内，蜗轮的轴向位置可通过改变调整垫片厚度或其他方法调整。蜗杆中心线和蜗轮中心线的距离主要靠机械加工精度保证，并通过垫片调整。

复习思考题 2

1. 轴类零件如何拆卸？
2. 滑动轴承的安装有哪些具体要求？
3. 滑动轴承有哪些常见故障？危害有哪些？如何防范？
4. 滚动轴承如何拆卸？如何装配？
5. 齿轮的失效形式有哪些？
6. 齿轮有哪些常见故障现象？危害有哪些？如何防范？